

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi

Ergonomi dapat di definisikan sebagai ilmu tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau mulai dari aspek fisiologi, psikologi, manajemen dan perencanaan /perancangan . Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu Ergon (Kerja) dan Nomos (Aturan dan Prinsip). Penerapan ergonomi di tempat kerja bertujuan agar pekerja saat sedang melakukan pekerjaan selalu dalam keadaan selamat, sehat, produktif dan menghasilkan output berkualitas. Ergonomi sangat memperhatikan keselamatan dan kesehatan dari individu dan interaksi antara individu yang lain dengan unsur-unsur kerja misalnya alat atau mesin yang berhubungan dengan apa yang tengah dikerjakan. Fokus ergonomi yaitu memaksimalkan kinerja dan sumber daya individu dengan memperhatikan kapasitas atau keterbatasan individu itu sendiri (Nurmianto, 1996).

Ergonomi juga berperan dalam pengembangan produk atau alat-alat kerja. Penerapan ergonomi ini umumnya merupakan rancang bangun (desain) atau rancang ulang (re-desain) berupa perbaikan keseluruhan mulai dari usulan desain hingga pembuatan prototype selain itu bisa juga perbaikan terhadap alat yang sudah ada. Perbaikan tersebut seperti perancangan perangkat keras misalkan alat bantu kerja, dan lain-lain. Menurut Nurmianto (1996) ergonomi ini memiliki peranan penting dibidang peningkatan kesehatan dan keselamatan kerja dalam hal untuk mengurangi ketidaknyamanan visual dan postur pekerja.

Di negara kita hal yang berhubungan dengan kinerja ergonomis di sebut dengan istilah Ergonomi, namun berbeda dengan negara lain seperti Skadinavia yang menggunakan istilah bioteknologi dan istilah Human Factor Engineering di negara Amerika. Meskipun penyebutan yang berbeda di setiap negara, tetapi semua membahas topik yang sama yakni keoptimalan terhadap kegiatan yang berkaitan dengan kinerja pekerja yang ergonomis. (Tarwaka, 2014) .

Menurut Tarwaka (2014) ilmu ergonomi ini biasanya diterapkan untuk proses perancangan produk, peningkatan kesehatan dan keselamatan bekerja serta peningkatan produktivitas kerja pada pekerja. Dengan ergonomi diperoleh rancangan yang aman dan sehat bagi pekerja serta produktif dan berkualitas bagi perusahaan maka kita mendapatkan banyak keuntungan seperti meningkatnya produktivitas karena berkurangnya resiko kelelahan dan sakit yang diakibatkan oleh bekerja, kemudian pada saat bekerja juga akan merasa lebih nyaman. Karena Ergonomi sangat mementingkan sisi kenyamanan pekerja dalam berinteraksi dengan kerjanya dan memperhatikan kemampuan pekerja.

Menurut (Suma'mur, 2009) Manfaat dari prinsip ergonomi jika diterapkan dalam tempat kerja adalah sebagai berikut :

1. Memahami apa saja penyebab dan akibat yang akan terjadi pada pekerja dan kinerja dari pekerjaan tersebut.
2. Mengetahui pengaruh pekerjaan terhadap tubuh pekerja.
3. Menganalisa kesesuaian tempat bekerja dan peralatan yang di gunakan pekerja pada saat berkerja.
4. Mengupayakan peningkatan kinerja pekerja dan mengupayakan untuk penyesuaian antara pekerjaan tersebut dengan kemampuan pekerja.
5. Pembangunan pengertian dasar pada pekerja untuk membantu pekerja dalam hal peningkatan kinerja selama berkerja.
6. Pencegahan dan pengurangan resiko yang akan ditimbulkan karena berkerja.
7. Peningkatan kesehatan dan keselamatan dalam berkerja.

Peran atau fungsi ergonomi dalam kehidupan sehari-hari dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu :

- Perancangan Produk.
- Meningkatkan keselamatan dan higiene kerja.
- Meningkatkan produktivitas kerja.

Adapun lingkup kajian ergonomi dapat dikelompokkan dalam 4 bidang lingkup kajian, yaitu :

- Tentang Tampilan (display)

Tampilan (display) adalah suatu perangkat antara (interface) yang menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan dan kemudian dikomunikasikan pada individu dalam bentuk tanda-tanda, angka-angka, lambang dan sebagainya. Informasi tersebut dapat disajikan dalam bentuk dinamis yang menggambarkan perubahan menurut waktu sesuai dengan variabelnya, misalnya speedometer.

- Tentang Kekuatan Fisik Individu

Penyelidikan tentang kekuatan fisik individu dilakukan ketika individu mulai melakukan aktivitas kerja dan kemudian dipelajari cara mengukur aktivitas-aktivitas tersebut. Penyelidikan ini juga mempelajari perancangan objek serta peralatan yang sesuai dengan kemampuan fisik individu pada saat melakukan aktivitasnya.

- Tentang Ukuran Tempat Berkegiatan

Penyelidikan tentang ukuran tempat berkegiatan bertujuan Penyelidikan tentang ukuran tempat berkegiatan bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat berkegiatan yang sesuai dengan ukuran (dimensi) tubuh individu, agar diperoleh tempat berkegiatan yang baik yang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan individu.

- Tentang Lingkungan Kerja

Penyelidikan tentang lingkungan kerja meliputi kondisi fisik tempat kerja dan fasilitas kerja, seperti pengaturan cahaya, kebisingan, temperatur, getaran, dan lain-lain yang dianggap dapat mempengaruhi tingkah laku individu.

2.2 Musculoskeletal Disorders (MSDs)

MSDs merupakan kondisi dimana bagian dalam tubuh mengalami gangguan, bagian tubuh ini meliputi kerja antara otot dan tulang. MSDs umumnya

tidak terjadi secara langsung, melainkan penumpukan aktivitas secara bertahap dalam waktu yang lama. Hal ini diakibatkan oleh beban kerja yang terjadi pada saat melakukan pekerjaan dan dapat menimbulkan cedera yang dimulai dari nyeri, pegal-pegal, dan rasa sakit pada bagian tubuh tertentu. (Aznam, Safitri, & Anggraini, 2017)

Menurut Bernard and Putz-Anderson (1997), MSDs merupakan gangguan yang disebabkan ketika seorang melakukan aktivitas kerja dan kondisi pekerjaan yang signifikan sehingga mempengaruhi adanya fungsi normal jaringan halus pada sistem Muskuloskeletal yang mencakup saraf, tendon, otot.

2.2.1. Keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs)

Benezech dan L'Epee (1983) menyatakan bahwa telah banyak ahli medis meneliti operator pada suatu kondisi kerja tertentu menggambarkan kecenderungan untuk mengalami beberapa keluhan, antara lain adalah :

1. Algias merupakan penyakit pada juru ketik, sekretaris, pekerja yang posturnya membungkuk ke depan, vertebral syndrome pada pembawa barang, pengantar barang dan penerjun payung.
2. Osteo articular deviations merupakan penyakit pada pemain violin (violinist) dan operator kerja bangku, bungkuk pada buruh pelabuhan (stevedoring) dan pembawa/pemikul keranjang, datarnya telapak kaki pada para penunggu, pembuat roti dan pemangkas rambut.
3. Rasa nyeri pada otot dan tendon merupakan rusaknya achilles pada para penari, tendon para ekstensor panjang bagi para drummer, tenosynovitis pada pemoles kaca, pemain piano dan tukang jagung.
4. Iritasi pada cabang saraf tepi merupakan penyakit saraf ulnar bagi para pengemudi kendaraan, tukang kunci, tukang pande besi, reparasi arloji, penjilid dan buku, pemotong kaca dan pengendara sepeda.

2.2.2. Faktor keluhan *Musculoskeletal disorders*

Salah satu faktor yang menyebabkan keluhan musculoskeletal adalah sikap kerja yang tidak alamiah. Postur kerja yang tidak alamiah ini lebih banyak di

sebabkan oleh adanya ketidaksesuaian antara dimensi alat dan stasiun kerja dengan ukuran tubuh pekerja maupun tingkah laku pekerja itu sendiri. Postur kerja yang tidak alami tersebut juga dapat disebabkan oleh hal-hal berikut (Petter, 2005) :

1. Peregangan Otot Yang Berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan (over exertion) pada umumnya sering dikeluhkan oleh para pekerja dimana aktivitas kerjanya menuntut pengarahannya tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik, dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena pengarahannya tenaga yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot.

2. Aktivitas Berulang

Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkut-angkut dan sebagainya. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus-menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

3. Sikap Kerja Tidak Alami

Sikap kerja tidak alami adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alami misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan muskuloskeletal. Sikap kerja tidak alami ini pada umumnya karena karakteristik tuntutan tugas, alat kerja dan stasiun kerja tidak sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan pekerja.

4. Faktor Penyebab Sekunder

- a. Tekanan,

Terjadinya tekanan langsung pada jaringan otot yang lunak.

- b. Getaran,

Getaran dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini menyebabkan peredaran darah tidak lancar, penimbunan asam laktat meningkat dan akhirnya timbul rasa nyeri pada otot.

c. Mikroklimat,

Paparan suhu dingin yang berlebihan dapat menurunkan kelincahan, kepekaan dan kekuatan pekerja sehingga gerakan pekerja menjadi lamban, sulit bergerak yang disertai dengan menurunnya kekuatan otot.

2.2.4 Penanganan resiko kerja terkait MSDs

Usaha terbaik dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja terutama pada bagian otot adalah mengurangi dan menghilangkan pekerjaan yang beresiko terhadap keselamatan kerja. Hal ini merupakan prinsip dasar dalam usaha peningkatan keselamatan dan keamanan kerja. Dibawah ini beberapa hal tindakan untuk mengurangi resiko gangguan MSDs :

1. Perancangan ulang pekerjaan

- Mekanisasi. Penggunaan sistem mekanis untuk menghilangkan pekerjaan yang berulang. Jadi dengan penggunaan peralatan mekanis mampu menampung pekerjaan yang banyak menjadi sedikit.
- Rotasi pekerjaan. Pekerja tidak hanya melakukan satu pekerjaan, namun beberapa pekerjaan dapat dilakukan oleh pekerja tersebut. tujuan dari langkah ini adalah pemulihan ketegangan otot melalui beban yang berbeda
- Perbanyakkan dan pengayaan kerja. Sebuah pekerjaan sebisa mungkin tidak dilakukan dengan monoton, melainkan dilakukan dengan beberapa variasi. Tujuan dari langkah ini adalah menghindari beban berlebih pada suatu bagian otot dan tulang pada anggota tubuh.
- Kelompok kerja. Pekerjaan yang dilakukan beberapa orang mampu membagi beban kerja pada otot secara merata. Hal ini disebabkan anggota kelompok bebas melakukan pekerjaan yang dilakukan.

2. Perancangan tempat kerja

Prinsip yang dilaksanakan adalah perancangan kerja yang memperhatikan kemampuan dan keterbatasan pekerja. Tempat kerja menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran pekerja agar aktivitas dilakukan dengan jelas dan leluasa. Kondisi lingkungan seperti cahaya, suara, lantai dan lain-lain juga perlu diperhatikan untuk menciptakan kondisi kerja yang nyaman.

3. Perancangan peralatan dan perlengkapan

Perancangan alat dan perlengkapan yang layak mampu mengurangi penggunaan tenaga yang berlebihan dalam menyelesaikan pekerjaan. Menyediakan pekerja dengan alat bantu dapat mengurangi sikap kerja yang kurang benar sehingga mengurangi ketegangan otot.

4. Pelatihan kerja

Program ini perlu dilakukan terhadap pekerjaan, karena pekerja melakukan pekerjaan sebagai kebiasaan. pekerja harus mengetahui mengenai pekerjaan yang berbahaya dan perlu mengetahui bagaimana melakukan pekerjaan yang aman. Untuk melakukan suatu kegiatan kerja yang aman, maka dalam melaksanakan pelatihan kerja perlu memahami pedomannya.

1.3 Postur Tubuh

Menurut Susihono (2009) postur tubuh merupakan titik penentu dalam menganalisa keefektifan dari suatu pekerjaan. Apabila postur tubuh dalam bekerja sudah ergonomis maka dapat dipastikan hasil yang diperoleh oleh pekerja akan baik pula, akan tetapi bila postur kerja operator tersebut salah atau tidak ergonomis maka pekerja akan mudah kelelahan dan dapat menimbulkan kelainan pada bentuk tulang. Ini akan menyebabkan hasil pekerjaan yang dilakukan juga akan mengalami penurunan.

Menurut Sugiyanto (2001) bahwa postur tubuh merupakan perpaduan antara tinggi badan, berat badan, serta berbagai ukuran antropometrik lainnya yang ada pada diri seseorang. Pada saat berkerja melakukan aktivitas dengan postur tubuh

yang tidak sesuai dengan kemampuan individu dengan jangka waktu yang lama akan sangat tidak nyaman sehingga diperlukan kajian ergonomi yang tepat.

1.4 Posisi Kerja

Posisi kerja ergonomi adalah posisi kerja tenaga kerja yang disesuaikan dengan jenis pekerjaannya dan sarana kerja, sehingga dapat menghindarkan pekerja berkerja dengan posisi membungkuk, Kristanto (2011). Menurut Lilik (2010) Posisi kerja yang tidak memperhatikan aspek ergonomi akan banyak menimbulkan keluhan tidak nyaman pada tenaga kerja. Bentuk, susunan, penempatan alat kerja, dan peralatan kerja akan menjadi pengaruh posisi tubuh yang terjadi pada saat pekerja melakukan pekerjaan tersebut. Terkait dengan posisi tubuh pada saat bekerja perlu memperhatikan hal-hal seperti berikut :

1. Dalam melakukan pekerjaan baik itu duduk maupun berdiri, alangkah lebih baik jika dalam bekerja melakukan kedua sikap tersebut secara bergantian.
2. Menghindari sikap kerja tidak alami, namun jika hal tersebut tidak memungkinkan maka setidaknya diusahakan beban statis pada tubuh diperkecil.
3. Apabila bekerja dalam posisi duduk, sebaiknya tempat duduk harus dibuat sesuai dengan rata-rata pekerja sehingga tidak terjadi penekanan pada tubuh.

Menurut Nurmianto (1996) beban posisi yang diterima bagian tubuh yang bergerak melampaui kemampuan tubuh seperti pergerakan tangan yang terlalu terangkat, punggung yang terlalu membungkuk, kepala terlalu menunduk, ataupun terlalu terangkat disebut dengan sikap kerja tidak alamiah. Sikap kerja ini umumnya dikarenakan ketidak mampuan pekerja menghadapi tuntutan pekerjaan, alat kerja dan stasiun kerja.

Berikut ini merupakan kelebihan dan kekurangan dari sikap kerja yang biasanya dipakai oleh para pekerja dalam melakukan pekerjaan antara lain sebagai berikut :

1. Berdiri seimbang dalam melakukan sikap kerja ini.

Terdapat beberapa macam jenis berdiri, yakni:

- a. Asimetris

b.Simetris

2. Duduk Dalam Melakukan Pekerjaan

Jika memungkinkan disarankan melakukan pekerjaan sambil duduk hal ini dikarenakan posisi duduk hanya memerlukan energi yang sedikit dibanding posisi berdiri karena dengan duduk beban dari otot kaki akan berkurang. Namun Kesalahan dalam posisi duduk akan menyebabkan pekerja menderita sakit dibagian punggung hal ini dikarenakan adanya penekanan berlebih pada bagian tulang belakang yang mana akan meningkat ketika pekerja bekerja dalam posisi duduk yang salah dan pada posisi duduk yang salah tersebut pekerja akan mengalami punggung sangat tegang karna aktivitas yang dibutuhkan oleh saraf dan otot belakang menjadi tinggi

1.5 Metode *Quick Exposure Check* (QEC)

Menurut Li and Buckle (1998) *Quick Exposure check* (QEC) merupakan salah satu metode untuk pengukuran beban postur. Metode ini mempunyai tingkat sensitivitas dan kegunaan yang tinggi serta dapat diterima secara luas reabilitasnya. Metode QEC digunakan untuk mengetahui risiko cedera pada otot rangka/sistem musculoskeletal yang menitik beratkan pada tubuh bagian atas yakni punggung, leher, bahu, dan pergelangan tangan. Kelebihan dari QEC ini adalah mempertimbangkan kondisi yang dialami oleh pekerja dari dua sudut pandang yakni dari sudut pandang pengamat dan operator. Hal ini dapat mengurangi penilaian subjektif dari pengamat. Karena Metode QEC berbentuk kuisioner yang diisi oleh dua belah pihak yaitu peneliti dan juga pekerja.

Metode untuk penilaian resiko cedera yang lain contohnya adalah RULA, REBA dan OWAS.

Adapun tujuan dari penggunaan metode ini yaitu:

1. Menilai perubahan paparan pada tubuh yang berisiko terjadinya musculoskeletal sebelum dan sesudah intervensi ergonomi.

2. Melibatkan pengamat dan juga pekerja dalam melakukan penilaian dan mengidentifikasi kemungkinan untuk perubahan pada sistem kerja.
3. Membandingkan paparan risiko cedera diantara dua orang atau lebih yang melakukan pekerjaan yang sama atau diantara orang-orang yang melakukan pekerjaan berbeda.
4. Meningkatkan kesadaran diantara para manager, teknisi, desainer, praktisi keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dan para operator mengenai faktor risiko musculoskeletal pada stasiun kerja. Menurut Brown dan Li (2003), Exposure score dihitung berdasarkan bagian tubuh dengan mempertimbangkan kurang lebih 5 kombinasi atau interaksi, contohnya postur dengan gaya atau beban, pergerakan dengan gaya atau beban, durasi dengan gaya atau beban, postur dengan durasi serta pergerakan dan durasi.

Sedangkan untuk tahap-tahap penilaian dengan menggunakan metode QEC yaitu sebagai berikut:

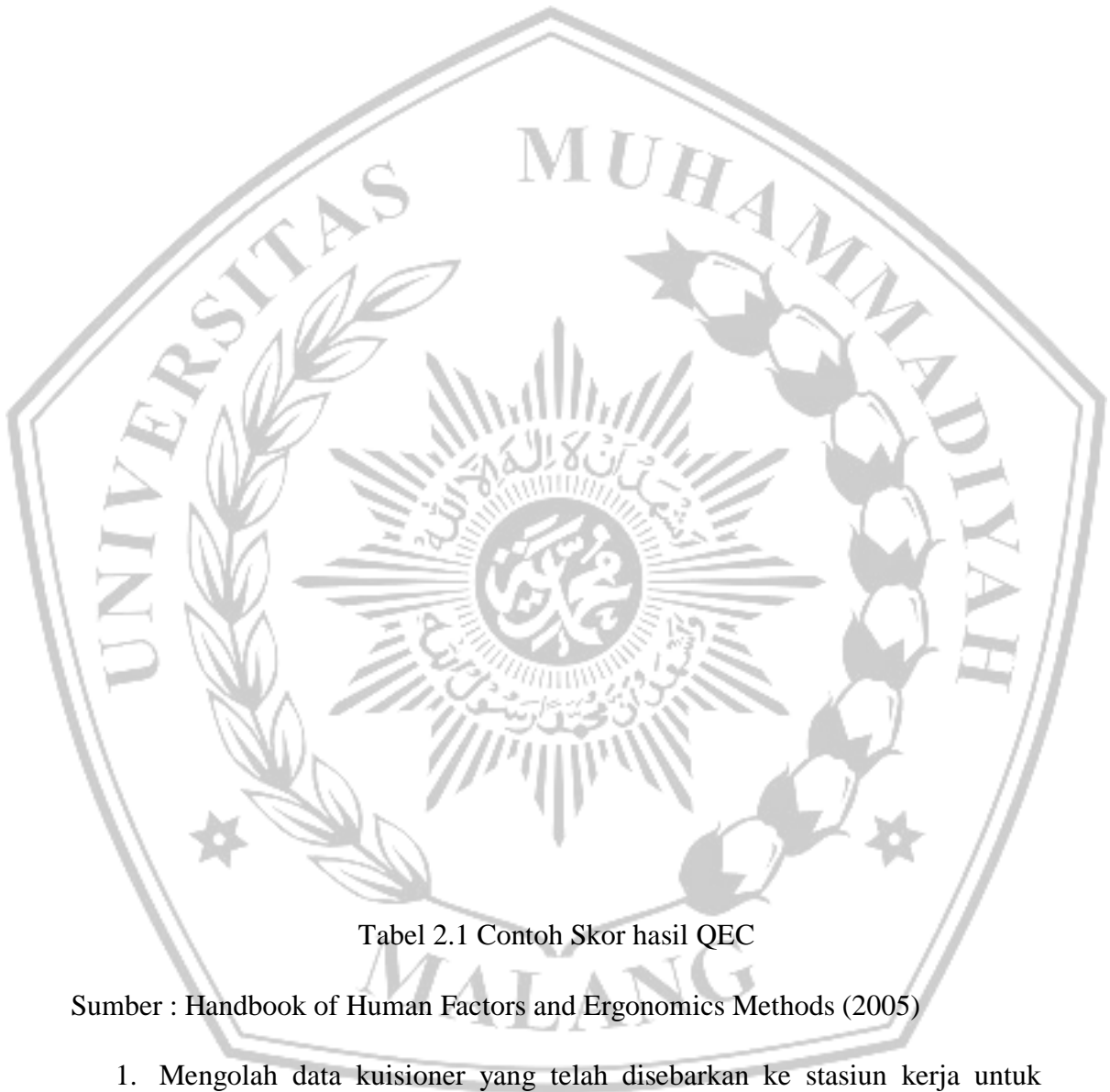
1. Pengembangan metode untuk merekam postur kerja.

Untuk menghasilkan sebuah metode kerja yang cepat untuk digunakan tubuh dibagi dalam segmen-segmen yang membentuk tujuh kelompok yakni A, B, C, D, E, F, G dari sudut pandang pengamat. Sedangkan untuk dari sudut pandang operator dibentuk kelompok atau grup yaitu grup H, I, J, K, L, M, dan N. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh postur tubuh terekam, sehingga segala kejanggalan atau batasan postur oleh punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi postur anggota tubuh atas dapat tercangkup dalam penilaian.

2. Pengembangan sistem skor untuk pengelompokan bagian tubuh.

Bedasarkan hasil dari penilaian grup A sampai grup G yang meliputi punggung, bahu, leher lengan, tangan dan pergelangan tangan yang diamati dan ditentukan oleh skor masing-masing postur. Kemudian

skor tersebut dimasukan dalam tabel skor penilaian (Exposure Score) untuk memperoleh skor total. Berikut adalah contoh tabel penilaian skor metode QEC.



Tabel 2.1 Contoh Skor hasil QEC

Sumber : Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods (2005)

1. Mengolah data kuisisioner yang telah disebarkan ke stasiun kerja untuk menghitung exposure score pada setiap anggota tubuh yang diamati yaitu punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher. Tingkat resiko terjadi cedera pada anggota tubuh berdasarkan dari nilai exposure score yang diperoleh kemudian disesuaikan dengan tabel exposure level untuk

Posisi Punggung (A) & beban (H)			
	A1	A2	A3
H1	2	4	6
H2	2	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12
Skor = 2			
Posisi Punggung (A) & Durasi (I)			
	A1	A2	A3
I1	2	4	6
I2	4	6	8
I3	6	8	10
Skor = 6			
Durasi (I) & Beban (H)			
	I1	I2	I3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12
Skor = 8			
Posisi Statis (B) & Durasi (I)			
Skor = 8			
	B1	B2	
I1	2	4	
I2	4	6	
I3	6	8	
Frekuensi (B) & Beban (H)			
	B3	B4	B5
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12
Skor = 0			
Frekuensi (B) % Durasi (I)			
	B3	B4	B5
I1	2	4	6
I2	4	6	8
I3	6	8	10
Skor = 0			
Total Skor Punggung = 24			

Tinggi (C) & Beban (H)			
	C1	C2	C3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12
Skor = 1			
Tinggi (C) & Durasi (H)			
	C1	C2	C3
I1	2	4	6
I2	4	6	8
I3	6	8	10
Skor = 2			
Frekuensi (D) & beban (H)			
	I1	I2	I3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12
Skor = 3			
Frekuensi (D) & Beban (H)			
	D1	D2	D3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12
Skor = 4			
Frekuensi (D) & Duradi (I)			
	D1	D2	D3
I1	2	4	6
I2	4	6	8
I3	6	8	10
Skor= 5			
Total skor Bahu/Lengan= Total 1 sampai 5 Total skor bahu/lengan= 4+2+4+6+4			

Gerakan Berulang (F) & Kekuatan (J)			
	F1	F2	F3
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10
Skor = 1			
Gerakan Berulang (F) & Durasi (I)			
	F1	F2	F3
I1	2	4	6
I2	4	6	8
I3	6	8	10
Skor = 2			
Durasi (I) & Kekuatan (J)			
	I1	I2	I3
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10
Skor= 3			
Posisi pergelangan tangan (E) & Kekuatan (J)			
	E1	E2	
J1	2	4	
J2	4	6	
J3	6	8	
Skor = 4			
Posisi Pergelangan Tangan (E) & Durasi (I)			
	E1	E2	
I1	2	4	
I2	4	6	
I3	6	8	
Skor = 5			
Total Skor Pergelangan Tangan = Total skor 1 sampai 5 Total Skor Pergelangan Tangan = 4+2+4+6+4			

Posisi Leher (G) & Durasi (I)			
	G1	G2	G3
I1	2	4	6
I2	4	6	8
I3	6	8	10
Skor= 10			
Kebutuhan Visual (K) & Durasi (I)			
	K1	K2	
I1	2	4	
I2	4	6	
I3	6	8	
Skor = 6			
Total Skor = Kebisingan			
L1	L2	L3	
1	4	9	
Skor = 9			
Total Skor Kebisingan = 9			
Kecepatan Kerja			
M1	M2	M3	
1	4	9	
Skor = 1			
Total Skor Kecepatan Kerja =1			
Stress			
N1	N2	N3	
1	4	9	
Skor = 1			
Total Skor Stress = 1			

mengetahui resiko cedera pada masing-masing anggota tubuh yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Exposure Level QEC

	Exposure Level Check
--	-----------------------------

Score	Low	Moderate	Hight	Very Hight
Punggung(Statis)	8-15	16-22	23-29	29-40
Punggung (Bergerak)	10-20	21-30	31-40	41-56
Bahu/Lengan	10-20	21-30	31-40	41-56
Pergelangan Tangan	10-20	21-30	31-40	41-56
Leher	4-6	8-10	12-14	16-18

Sumber : Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods (2005)

- Setelah didapatkan exposure score masing-masing anggota badan yang diteliti untuk setiap pekerja yang menjadi responden di perusahaan ini, maka selanjutnya adalah menghitung exposure level. Exposure level ini digunakan untuk mengetahui tindakan apa yang harus dilakukan terkait dengan stasiun kerja yang diamati. Berikut rumus perhitungan exposure level.

$$E\% = \frac{x}{x_{max}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

E% = Exposure Level

X = Total score yang didapatkan untuk paparan risiko cedera untuk punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher yang diperbolehkan dari perhitungan kuisioner.

X_{max} = Total maksimum score yang didapat untuk paparan risiko cedera punggung, leher, bahu/lengan, pergelangan tangan.

Setelah melakukan perhitungan exposure level yaitu selanjutnya menentukan tindakan apa yang dilakukan berdasarkan dari hasil perhitungan total exposure score. Tindakan yang harus diambil berdasarkan nilai yang dihasilkan dalam perhitungan exposure level dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.3 Action Level QEC

Total Exposure Level	Action
<40%	Aman
40-49%	Perlu Penelitian Lebih Lanjut

50-59%	Perlu Penelitian Lebih Lanjut dan Dilakukan Perubahan
$\geq 70\%$	Dilakukan Penelitian dan Perubahan Secepatnya

Sumber : Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods (2005)

3. Melakukan perbaikan ketika nilai exposure level tinggi, hal ini dikarenakan dapat memicu terjadinya resiko pada pekerjaan tersebut.
4. Menganalisis ulang usulan perbaikan yang telah diusulkan untuk mengetahui usulan sudah sesuai dengan yang dimaksudkan dalam tujuan atau belum.

1.6 Anthropometri dalam Ergonomi

Prinsip *human centered design* yaitu menyatakan bahwa manusia adalah objek dasar dalam melakukan perancangan. Manusia tidak menyesuaikan dirinya dengan alat yang akan dioperasikan, melainkan sebaliknya yaitu alat yang dirancang terlebih dahulu memperhatikan kelebihan dan keterbatasan manusia yang mengoperasikannya (Wignjosoebroto, 2000).

Aspek ergonomi dalam proses merancang fasilitas kerja merupakan suatu faktor penting dalam menunjang peningkatan produksi. Hal tersebut tidak akan terlepas dari pembahasan mengenai ukuran anthropometri tubuh manusia. Seperti diketahui tujuan antropometri adalah untuk mengetahui ukuran terhadap bagian tubuh manusia (Prasetya & Sulistyorini, 2020). Sehingga dengan ini dapat membuat rancangan alat bantu yang sesuai dengan yang dibutuhkan pengguna dan sesuai dengan standar ergonomi. Fungsi dari perbaikan rancangan suatu alat bantu yaitu untuk meningkatkan kualitas kesehatan dan mengurangi keluhan dari pengguna.

1.7 Antropometri

Menurut Wignjosoebroto (2003), salah satu bidang keilmuan ergonomi adalah istilah antropometri yang berasal dari Antro yang berarti manusia dan Metron yang berarti ukuran. Dapat disimpulkan antropometri sebagai suatu studi yang menyangkut pengukuran dimensi tubuh manusia dan aplikasi rancangan yang menyangkut geometri fisik, massa, dan kekuatan tubuh.

Menurut Nurmianto (1991), Anthropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain.

Antropometri akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam aktivitas atau alat yang memiliki interaksi dengan manusia. Pengukuran antropometri akan menghasilkan tinggi badan, berat badan, dan ukuran badan aktual seseorang. Selanjutnya tinggi badan, berat badan dan ukuran tubuh seseorang dapat digunakan untuk tujuan menilai pertumbuhan dan distribusi tubuh seseorang, serta dapat berguna sebagai data referensi.

Pengukuran antropometri adalah pengukuran terhadap bagian-bagian tubuh yang berfungsi untuk menentukan status seseorang dengan bersumber pada tulang, otot dan lemak yang menentukan tipe-tipe tubuh manusia, dan mengetahui pertumbuhan dan perkembangan tubuh seseorang. Beberapa pengukuran antropometri ini antara lain pengukuran tinggi dan berat badan, panjang lengan dan tungkai, lingkaran lengan dan paha, serta kapasitas paru.

Menurut Ishak, Beddu, and Amir Antropometri dibagi kedalam 2 bagian, yaitu:

1. Antropometri Statis

Antropometri statis lebih berhubungan dengan pengukuran ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan statis (diam) yang di standarkan. Dimensi yang diukur pada antropometri statis diambil secara linier (lurus) dan dilakukan pada permukaan tubuh pada saat diam.

2. Antropometri Dinamis.

Antropometri dinamis lebih berhubungan dengan pengukuran ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan dinamis, dimana dimensi tubuh yang diukur dilakukan dalam berbagai posisi tubuh ketika sedang bergerak sehingga lebih kompleks dan sulit dilakukan. Terdapat tiga kelas pengukuran dinamis, yaitu:

- a. Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dan suatu aktivitas.

Contoh : dalam mempelajari performansi atlit.

- b. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat bekerja.

Contoh : jangkauan dan gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja, yang dilakukan pada saat berdiri atau duduk.

- c. Pengukuran variabilitas kerja. Contoh : analisis kemampuan jari-jari tangan dan seorang juru ketik atau operator komputer.

Dengan ini akan didapatkan ukuran dan bentuk tubuh yang tepat berkaitan dengan produk yang akan dirancang dan sesuai untuk digunakan.

2.7.1 Data Anthropometri

Data anthropometri ialah data-data dari hasil pengukuran yang digunakan untuk data perancangan peralatan. Data anthropometri yang ada dibedakan menjadi 2, yaitu :

- a. Dimensi Struktural

Dimensi ini mencakup pengukuran dimensi tubuh pada posisi tetap dan standar. Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap seperti badan, tinggi tubuh dalam keadaan berdiri, duduk, ukuran kepala, panjang lengan dan sebagainya.

- b. Dimensi Fungsional

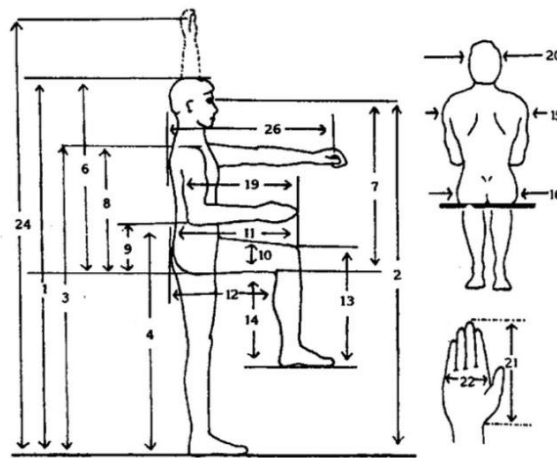
Dimensi ini mencakup pengukuran dimensi tubuh pada berbagai posisi. Hal penting yang ditekankan pada pengukuran dimensi fungsional tubuh ini adalah mendapatkan ukuran tubuh yang berkaitan dengan gerakan-gerakan yang nyata yang digunakan untuk kegiatan tertentu.

Data anthropometri bisa diaplikasikan dalam beberapa hal, antara lain (Wignjosoebroto, 1995):

- a) Perancangan area kerja
- b) Perancangan peralatan kerja
- c) Perancangan produk konsumtif
- d) Perancangan lingkungan kerja fisik

2.7.2 Dimensi Anthropometri

Data anthropometri dapat dimanfaatkan untuk menentukan dimensi ukuran produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

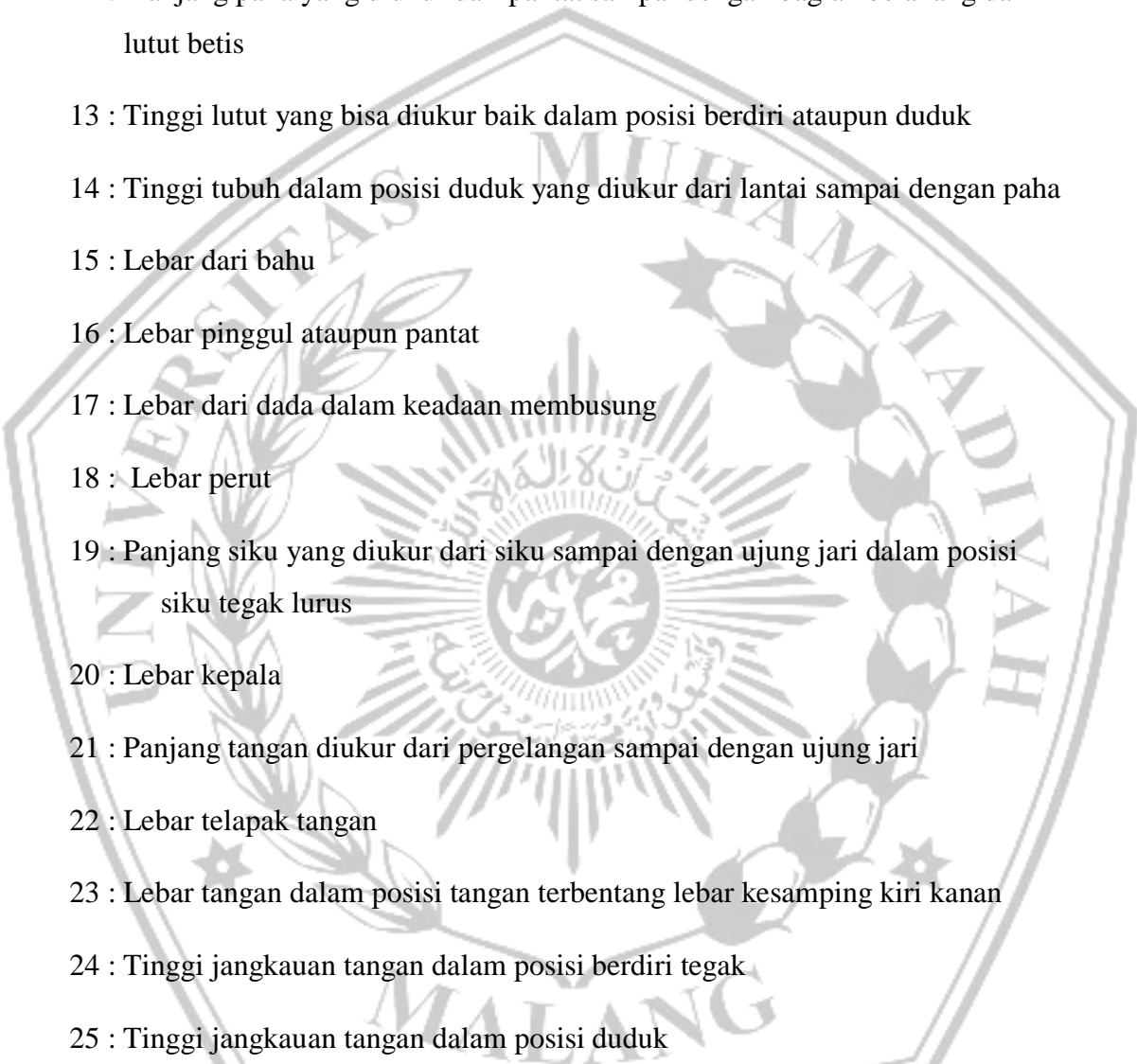


Gambar 2.2 Anthropometri untuk perancangan produk

Sumber: (Wignjosoebroto,2000)

Keterangan :

- 1 : Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak
- 2 : Tinggi mata dalam posisi tegak
- 3 : Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
- 4 : Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak
- 5 : Tinggi kepalan tangan yang terluhur lepas dalam posisi berdiri tegak
- 6 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk
- 7 : Tinggi mata dalam posisi duduk
- 8 : Tinggi bahu dalam posisi duduk

- 
- 9 : Tinggi siku dalam posisi duduk
- 10 : Tebal paha atau lebarpaha
- 11 : Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan lutut
- 12 : Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut betis
- 13 : Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk
- 14 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha
- 15 : Lebar dari bahu
- 16 : Lebar pinggul ataupun pantat
- 17 : Lebar dari dada dalam keadaan membusung
- 18 : Lebar perut
- 19 : Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari dalam posisi siku tegak lurus
- 20 : Lebar kepala
- 21 : Panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari
- 22 : Lebar telapak tangan
- 23 : Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan
- 24 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak
- 25 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk
- 26 : Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan diukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan

2.7.3 Pengujian Data Anthropometri

Untuk mengetahui perbedaan data yang didapat dan untuk menghitung ukuran data yang diperlukan , maka dilakukan :

1. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data berfungsi untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan dapat dianggap mencukupi. Dalam menetapkan berapa jumlah data yang seharusnya dibutuhkan, terlebih dahulu ditentukan derajat ketelitian (s) yang menunjukkan penyimpangan maksimum hasil penelitian, dan tingkat kepercayaan (k) yang menunjukkan besarnya keyakinan pengukur akan ketelitian data antropometri, berikut rumus uji kecukupan data.

Rumus :

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

Data akan dianggap telah mencukupi jika memenuhi persyaratan $N' < N$, dengan kata lain jumlah data secara teoritis lebih kecil daripada jumlah data pengamatan sebenarnya. Sebuah data dikatakan belum mencukupi jika $N' > N$ sehingga diperlukan penambahan data lagi sampai $N' < N$ atau dikatakan cukup.

Keterangan :

N' = Banyaknya data atau pengamatan yang harus dilakukan
 X = Data hasil pengukuran

s = Derajat ketelitian (menggunakan angka decimal)

k = Nilai index tingkat kepercayaan, yaitu:

$k = 1$ dengan derajat nilai tingkat ketelitian 0 % - 68 %

$k = 2$ dengan derajat nilai tingkat ketelitian 69 % - 95 %

$k = 3$ dengan derajat nilai tingkat ketelitian 96 % - 100 %

2. Uji keseragaman Data

Uji keseragaman data merupakan salah satu uji yang dilakukan pada data yang berfungsi untuk memperkecil varian yang ada dengan cara membuang data ekstrim.

Uji keseragaman data bisa dilaksanakan dengan peta control-x (x-chart) untuk membuat peta control prosedur yang harus diikuti adalah sebagai berikut :

- a) Hitung nilai rata-rata keseluruhan
- b) Hitung standar deviasi
- c) Hitung standar deviasi rata-rata
- d) Menentukan batas kontrol atas dan bawah
- e) Cek apakah nilai rata-rata dari setiap grup yang diperoleh telah berada didalam batas control

Tahap 1 dilakukan uji keseragaman data dengan melakukan perhitungan rata-rata dari setiap observasi menggunakan rumus :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_t}{n}$$

Notasi :

\bar{X} = Rata -rata hasil perhitungan

n = banyaknya sampel

Tahap ke 2 perhitungan standart deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_t - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Notasi :

σ = standart deviasi

\bar{X} = rata-rata

n = banyaknya data

Tahap ke 3 penentuan BKA (batas kontrol atas) serta BKB(batas kontrol bawah) yang berfungsi untuk mengkualifikasikan data sesuai

dengan BKA dan BKB, data yang berada diluar batas atau out of control akan dihilangkan.

Rumus :

$$BKA = \bar{X} + k \cdot \sigma$$

$$BKB = \bar{X} - k \cdot \sigma$$

Notasi:

\bar{X} = rata-rata hasil perhitungan

σ = Standar deviasi dari populasi

k = nilai index tingkat kepercayaan, yaitu:

k = 1 rentan tingkat kepercayaan 0 % -68 %

k = 2 rentan tingkat kepercayaan 69 % -95 %

k = 3 rentan tingkat kepercayaan 96 % -100 %

3. Uji kenormalan Data

Uji kenormalan data bisa dipakai untuk melihat apakah data yang diperoleh telah terdistribusi normal atau belum dengan cara memplotkan data ke dalam kurva distribusi normal. Berdasarkan uji kenormalan data akan diketahui sifat-sifat data seperti mean, modus, median dan sebagainya.

2.7.4 Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan

Penggunaan data anthropometri dalam penentuan ukuran produk harus memikirkan prinsip-prinsip dibawah ini agar produk yang dirancang bisa sesuai dengan ukuran tubuh pengguna (Wignjosoebroto, 2003) yaitu:

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim, rancangan produk dibuat agar dapat memenuhi 2 sasaran produk, ialah :
 - a) Sesuai dengan dimensi tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim
 - b) Bisa digunakan untuk dimensi tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada) , supaya bisa memenuhi tersebut maka dimensi ukuran diaplikasikan , ialah :

- Dimensi minimum yang harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai persentil terbesar misal 90-th, 95-th dan 99-th.
 - Dimensi maksimum yang harus ditetapkan diambil berdasarkan persentil terkecil misal 1-th, 5-th, dan 10-th.
2. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu (adjustable)
- Produk dirancang dengan ukuran yang bisa diganti-ganti supaya menjadi fleksibel untuk dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh.
3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata
- a. Produk dirancang dengan ukuran tubuh rata-rata manusia atau dalam rentang 50-th persentil.

Menurut Setiawan dan Parwati (2015) redesain alat bantu seharusnya disesuaikan dengan kebutuhan manusia, sehingga untuk tujuan redesain, yang digunakan sebagai dasar ukuran adalah dimensi tubuh manusia. Dengan memiliki data antropometri yang tepat, maka ketika merancang produk ataupun fasilitas kerja mampu menyesuaikan bentuk dan ukuran dari produk rancangan tersebut dimana bentuk-bentuk maupun ukuran bagian tubuh yang nantinya akan mengoperasikan produk tersebut.

2.7.5 Perancangan Produk atau Alat

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisa, menilai, memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik secara fisik maupun nonfisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada. (Pranajaya 2014)

Terdapat tiga hal yang harus diperhatikan dalam perancangan, antara lain :

- Aktivitas untuk maksud tertentu.
- Sasaran pada pemenuhan kebutuhan manusia.
- Berdasarkan pada pertimbangan teknologi.

Dalam membuat suatu rancangan produk atau alat perlu mengetahui karakteristik perancangan dan perancangannya. Beberapa karakteristik perancangan adalah sebagai berikut (Nurmianto, 1998).

•Berorientasi pada tujuan.

- Variform yaitu suatu anggapan bahwa terdapat sekumpulan solusi yang mungkin tidak terbatas, tetapi harus dapat memilih salah satu ide yang akan diambil.
- Pembatas yaitu membatasi solusi pemecahan antara lain Hukum alam, seperti ilmu fisika, ilmu kimia dan lain-lain.
- Ekonomis, pembiayaan atau ongkos dalam merealisasikan rancangan yang telah dibuat.
- Pertimbangan manusia sifat, keterbatasan dan kemampuan manusia dalam merencanakan dan memakainya.
- Faktor-faktor legalisasi, mulai dari model, bentuk sampai dengan hak cipta.
- Fasilitas produksi, sarana dan prasarana yang dibutuhkan untuk menciptakan suatu produk.

Proses perancangan yang merupakan tahapan umum teknik perancangan dikenal dengan sebutan NIDA, yang merupakan kepanjangan dari *Need, Idea, Decision dan Action*. Artinya tahap pertama seorang perancang menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan (*need*). Sehubungan dengan alat atau produk yang harus dirancang. Kemudian dilanjutkan dengan pengembangan ide-ide (*idea*) yang akan melahirkan berbagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan tadi dilakukan suatu penilaian dan penganalisaan terhadap berbagai alternatif yang ada, sehingga perancang akan dapat memutuskan (*decision*) suatu alternatif yang terbaik. Dan pada akhirnya dilakukan suatu proses pembuatan (*Action*). Perancangan suatu peralatan kerja dengan berdasarkan data antropometri pemakainya bertujuan untuk meminimasi potensi kecelakaan kerja.

1.8 Autodesk Inventor

Menurut Syaiful Alchazin (2012), mengatakan bahwa Autodesk inventor merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti,

desain produk, design mesin, desain mold, desain konstruksi, atau keperluan produk Teknik lainnya. Aplikasi Autodesk Inventor merupakan salah satu software yang memiliki konsep parametric design (Widya, 2014) Parametric design adalah sebuah metode pemodelan 3 Dimensi pada sistem CAD dengan menggunakan parameter sebagai acuan desain seperti bentuk, dimensi, constraint dan lainnya. Parameter disini digunakan untuk mengontrol bentuk geometri 3 dimensi dari model yang di desain. Keuntungan dari desain secara parametric adalah kemampuan menghasilkan berbagai macam bentuk model dengan mudah dan cepat. Setiap perubahan bentuk model akan melakukan update terhadap *part*, *assembly*, dan bahkan gambar kerja secara otomatis, sehingga kemungkinan kesalahan gambar kerja dapat diminimlaisasi dan proses ini dihasilkan secara cepat dan real time.

